

PREVENCIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES POR MEDIO DE ESTUDIOS CON ACELERÓGRAFOS EN CANTERAS DE CALIZA DE NOBSA Y SOGAMOSO, EN BOYACÁ, COLOMBIA

Autores:

MARÍA DEL CARMEN FUENTES ⁽¹⁾
LUIS HUMBERTO PINTO MORALES ⁽²⁾
Email: marcaf_humb@latinmail.com

⁽¹⁾ Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Facultad Seccional Sogamoso, Escuela de Ingeniería Geológica.

⁽²⁾ I.GEOSOFTMINE Colombia.

RESUMEN

En este trabajo se exponen los resultados obtenidos durante el estudio realizado empleando la interpretación de acelerogramas obtenidos en las canteras de caliza que pertenecen a la empresa HOLCIM S.A. Suiza- Colombia, en los municipios de Nobsa y Boyacá, llevados a cabo en la etapa de 1997- 2004, debido a la incidencia directa sobre el medio ambiente, de las voladuras que se realizan para extraer el material calcáreo.

El estudio se llevó a cabo, empleando la información obtenida por los acelerógrafos que están ubicados en los alrededores de las canteras de Nobsa, Chámeza y Suescún, los cuales han captado los diferentes eventos ocurridos en la región, y los efectos se compararon con el umbral de daño establecido en la Norma Sismorresistente Colombiana (NSR-98).

Esta valoración se considera es de gran importancia porque caracteriza los eventos y su incidencia en el medio durante la explotación minera, además de que permitió la obtención de parámetros necesarios para caracterizar sismológicamente la región en un futuro.

Los estudios efectuados han servido para controlar la planificación y ejecución de las voladuras, de forma que incidan lo menos posible sobre el medio ambiente, ya que además de ser una zona de alto riesgo sísmico, existe un gran número de habitantes en las cercanías de la región, por lo que los efectos de estas voladuras, pueden ser desde sonoros, hasta estructurales, provocando daños a personas, edificaciones, y al medio geológico.

SUMMARY

In this work exposed the results obtained during the study realized utilizing the acelerograms interpretation obtained in the quarry of limestone that belong at the enterprise HOLCIM S.A. Suiza- Colombia, in the municipality of Nobsa and Boyacá, during the period 1997- 2004, due to the direct incidence on the ambient middle, of the blasts that are made to extract the calcareous material.

The study was carried out, using the data obtained by the acelerógrafos that are located in the environs of the quarries of Nobsa, Chámeza and Suescún, which have caught the different events happened in the region, and the effects were compared with the threshold of damage established in Colombian the Seismic Resistant Norm (NSR-98).

This valuation is considered is of great importance because it characterizes the events and their incidence in the average one during the mining operation, in addition to which it allowed the obtaining of parameters necessary sismológicamente to characterize the region in a future.

The conducted studies have served to control the planning and execution of the blasts, so that they affect less possible the ambient middle, since in addition to being a zone of high seismic risk, a great number of inhabitants in the neighborhoods of the region exists, reason why the effects of these blasts exists, reason why the effects of these blasts, they can be from sonorous, until structural, causing damages to people, constructions, and to geologic means.

INTRODUCCIÓN

En la región que abarca los municipios de Nobsa y Sogamoso en el departamento de Boyacá, Colombia, existen grandes y pequeñas empresas que se dedican a la extracción de calizas para la fabricación de cemento; arcillas para la fabricación de ladrillos; areniscas como material de construcción; y carbones para el aprovechamiento energético, dada la gran cantidad de reservas de estos recursos que existen en la región, que además presentan excelente calidad.

El inconveniente principal para la extracción de estos materiales está dado en daños que puedan ocasionar las voladuras efectuadas para su extracción, al medio ambiente, geológico y circundante, ya que de ellas se desprenden movimientos que pueden resultar significativos en la zona, -que posee un alto riesgo sísmico-, donde se encuentran dos fallas importantes en Colombia: Soapaga y Boyacá, además de otras fallas locales.

La empresa HOLCIM S.A. Suiza- Colombia, es una de las principales explotadoras de caliza en la región, por lo cual, ha adelantado estudios encaminados a evaluar el comportamiento de las voladuras que se realizan en las canteras ubicadas en las cercanías de las minas de Nobsa, Chámeza y Suescún en Sogamoso.

Los resultados presentados en este trabajo, tienen como objetivo principal, hacer un llamado de atención sobre como prevenir y/o mitigar daños ambientales por medio de estudios con acelerógrafos y divulgar los aspectos relacionados con el tratamiento geofísico de acelerogramas correspondientes a voladuras.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los materiales empleados en esta investigación fueron los acelerogramas obtenidos con los acelerógrafos estacionarios ubicados en las canteras de explotación por espacio de 1997- 2004. La investigación constó con los siguientes pasos:

1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

Se recopiló toda la información existente en la región sobre estudios geológicos, sismológicos, geotécnicos, ambientales, así como los informes realizados por INGEOMINAS, donde se plasmaban las tablas de aceleraciones obtenidas hasta el momento.

2. ELABORACIÓN DE CAMPO

Se visitaron los lugares donde están instalados los acelerógrafos con el fin de establecer las características geológicas del lugar y las condiciones propias de la instalación de cada uno de estos.

Se visitaron periódicamente los acelerógrafos para recoger las tarjetas que permiten almacenar datos continuos. Estas se llevaron al computador para obtener los acelerogramas para su posterior análisis e interpretación.

3. ELABORACIÓN DE GABINETE

Se dividió en dos partes: preliminar y especial. En la parte preliminar se cumplieron las siguientes funciones:

- a) Procesamiento de los acelerogramas
- b) Documentación y evaluación de los acelerogramas
- c) Transformación de los acelerogramas
- d) Cálculo de las aceleraciones para los tres canales
- e) Comparación de las aceleraciones obtenidas con la aceleración máxima y el tiempo de aceleración máximo del terreno
- f) Análisis de los espectros de respuesta
- g) Evaluación del umbral de daño

En la parte especial, se elaboraron y se seleccionaron los materiales a presentar en el informe final de los trabajos, teniendo en cuenta los análisis realizados en la parte preliminar de esta etapa.

DISCUSIÓN

En total se analizaron 511 eventos, de los cuales, 300 fueron producidos por efectos de voladuras y 211 por sismos, los cuales se identificaron por el comportamiento diferente de éstos, con respecto a las voladuras.

En la mayoría de los gráficos de la aceleración espectral (SA), vs Período, se observó que las curvas no presentan amplitudes que sobrepasen el orden de 10^{-1} a 10^{-2} g, que es el establecido por el umbral de daño calculado para esas regiones de estudio.

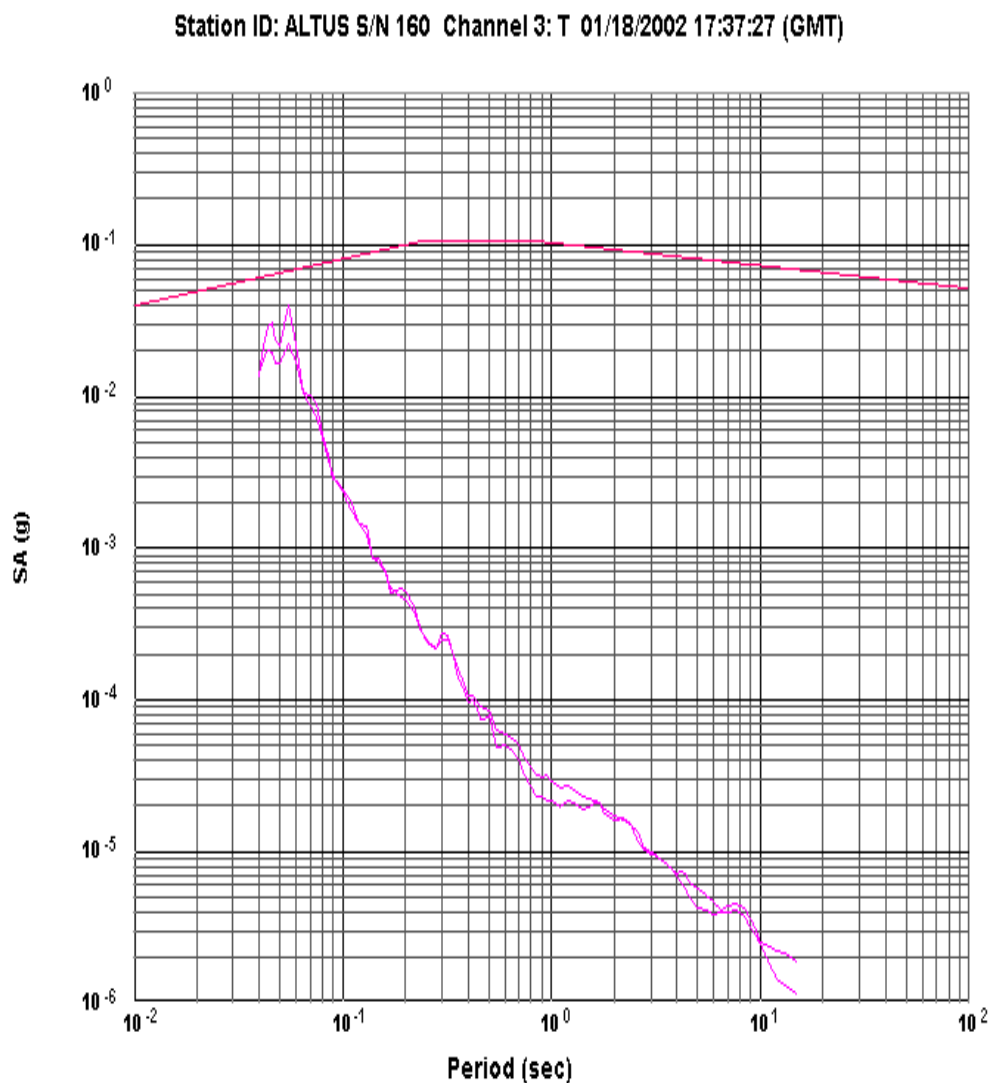


FIG. 1. COMPORTAMIENTO DE LA ACELERACIÓN ESPECTRAL

Se observa que el espectro de aceleración se inicia con una aceleración igual a la máxima del terreno y comienza a incrementarse a medida que el período aumenta hasta llegar a una zona donde hay dominancia de picos con valores máximos relativos, luego comienza a descender a medida que aumenta el período, desapareciendo la señal en el orden de períodos entre 12- 20 segundos. Para períodos que la mayoría de las veces, pero no siempre, están entre 0.5 y 1.2 seg, las aceleraciones espectrales oscilan alrededor de valores elevados.

Los gráficos de velocidad se comportaron de forma similar a los gráficos de la aceleración. Esto puede ser porque ambas son directamente proporcionales teóricamente

Los gráficos de desplazamiento espectral, presentan un mínimo pronunciado y luego se comportan de forma atenuante. Esto puede ser debido a que teóricamente, el desplazamiento, la velocidad y la aceleración de masa están desfasados en $\Pi/2$, respectivamente. La velocidad adelanta al desplazamiento y la aceleración a la velocidad. Por tanto, la aceleración va desfasada 180° , por adelantado, con respecto al desplazamiento.

Los valores de intensidades sísmicas obtenidos, son inferiores para la estación que se encuentra ubicada en roca (cantera de Suescún), respecto a los valores de intensidades sísmicas obtenidos para la estación en suelo (canteras de Nobsa y Chámeza).

Comparando la aceleración máxima espectral en los tres canales de los acelerógrafos, se observa que la aceleración fue mayor para el canal V, intermedia para el canal L y menor para el canal T.

La amplificación de la señal fue mayor para la aceleración, intermedia para la velocidad y menor para el desplazamiento. Esto se debe a que el suelo se mueve en determinada forma y el oscilador que representa una construcción, amplifica ese movimiento en valores que dependen del coeficiente de amortiguamiento, lo que conduce a que el espectro de respuesta muestre los máximos valores que la señal puede introducir a la masa del oscilador de acuerdo con el contenido frecuencial de la señal.

• CONTROL DE LAS VIBRACIONES

La fase más crítica del tratamiento de vibraciones consiste en su control, cuando sus efectos resultantes así lo exigen. Para definir márgenes de seguridad para las estructuras que soportan vibraciones, existen numerosas normas y criterios en varios países, cuya función consiste en establecer límites admisibles para la amplitud de las vibraciones.

Algunos acelerógrafos utilizan como parámetro definidor la aceleración de las vibraciones, mientras que otros utilizan la velocidad vibratoria pico, una vez que las correlaciones con daños observados así lo establecen.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el presente estudio, se puede apreciar una gran similitud entre el comportamiento de los gráficos de los espectros de pseudo aceleración actuales con los gráficos obtenidos en los estudios efectuados anteriormente, (INGEOMINAS, 1997), independientemente de la escala utilizada, de las técnicas de voladuras y del procedimiento empleado, apreciándose que se encuentran prácticamente en los mismos niveles.

Los valores de las aceleraciones máximas del terreno, disminuyeron considerablemente para ambas estaciones en comparación con esos estudios, principalmente en la estación de Suescún.

Existe una proporcionalidad directa entre la velocidad de vibración y la tensión dinámica asociada a las ondas sísmicas, éstas últimas se correlacionan con la resistencia dinámica de las estructuras.

La mayoría de criterios de daños tienen en cuenta la frecuencia característica de las vibraciones. Esta circunstancia se debe a la prevención de efectos en edificios que se atribuye a vibraciones con frecuencias próximas a la frecuencia natural de estos, denominado fenómeno de resonancia.

Los datos de observación demuestran que, a una cierta distancia de la fuente de vibraciones, o movimiento del terreno posee un pequeño intervalo de frecuencias, que es debido al efecto de filtración del propio terreno.

Existen valores de frecuencias preferenciales que son típicas de ciertos terrenos, variando de un mínimo de 5 Hz para arcillas hasta más de 50 Hz para rocas duras.

CONCLUSIONES

- El empleo de acelerógrafos para la prevención de riesgos ambientales durante la explotación de material por medio de voladuras, es de gran importancia, ya que éstos permiten identificar y caracterizar los diferentes eventos que inciden en la región, así como controlar que su influencia sea mínima en el medio ambiente, geológico y circundante, a través de la comparación con el umbral de daño según normas establecidas.
- Los espectros de respuesta son herramientas de amplio uso en la ingeniería, porque han permitido pasar del dominio del tiempo en el cual se registran los acelerogramas al dominio de la frecuencia.
- Las curvas SA, tienen un valor máximo estable, que va a ir descendiendo hasta llegar a ser casi nula, en la medida que aumenta el período.
- Para períodos mayores de 1.2 seg, se inicia un decrecimiento de la aceleración espectral, hasta encontrar uno en el cual ésta de nuevo es igual a la del terreno para seguir decreciendo.
- En las explotaciones de las minas se observa que los parámetros obtenidos están por debajo del umbral de daño, por lo que queda demostrado que estas explosiones no han causado los daños a las edificaciones, pues hasta el momento han cumplido lo establecido según las normas vigentes en el país.
- Los resultados obtenidos han permitido contar con el estudio exitoso del comportamiento del subsuelo frente a efectos provocados por el hombre, obtener una estimación de la variación de los parámetros sismológicos de la región, caracterizar la zona y obtener una base de datos que servirán para evaluar el comportamiento sísmico de la región en el futuro, y como base para estudios posteriores en el campo de la Geofísica, Estratigrafía, Hidrogeología y Geotecnia.

BIBLIOGRAFÍA

- ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA: Normas colombianas de diseño y construcción sismo resistente. Dos tomos. Ley 40 de 1997, Decreto 33 de 1998. Bogotá, 1999.
- FUENTES F., M. C., PINTO MORALES, L. H.: Estudio de eventos sísmicos y voladuras para determinar el efecto de las vibraciones generadas por la explotación de las minas de Nobsa y Suescún. Bogotá, nov. 1997-2004.
- INGEOMINAS: Estudio de eventos sísmicos y voladuras para determinar el efecto de las vibraciones generadas por la explotación de las minas de Nobsa y Suescún. Bogotá, nov. 1997.